

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ ЖАНА ИЛИМ
МИНИСТРИЛИГИ

И. РАЗЗАКОВ атындагы КЫРГЫЗ МАМЛЕКЕТТИК ТЕХНИКАЛЫК
УНИВЕРСИТЕТИ

«Механика жана өнөр жай инженерлиги» кафедрасы

КОЛДОНМО МЕХАНИКА

«Колдонмо механика» сабагына контролдук жана практикалык
жумуштарды аткарууга
МЕТОДИКАЛЫК КӨРСӨТМӨЛӨР

Күнүдүзгү жана аралыкта окутуу формасындагы инженердик багыттагы
студенттер үчүн

Бишкек - 2019

«Механика жана өнөр жай инженерлиги» кафедрасынын жыйынында каралды
29.01.2019 - ж.
Прот. № 4

«Кыргыз-Герман техникалык институту» методикалык комиссиясында сунуш кылынды 5.02. 2019 - ж.
Прот. № 6

УДК 626.35.55

Түзүүчүлөр: профессор Ж.Ж.Тургумбаев, улук окутуучу
Ж.Т.Гапарова, улук окутуучу С.Дж.Тургумбаев

КОЛДОНМО МЕХАНИКА. «Колдонмо механика» сабагына контролдук жана практикалык жумуштарды аткарууга методикалык көрсөтмөлөр / Кыргыз. мамлекеттик техн. ун-ти. Түзүүчүлөр: Ж.Ж.Тургумбаев, Ж.Т.Гапарова, С.Дж.Тургумбаев, Бишкек, 2019. 42 б.

Маселелерди чыгаруунун мисалдары жана түшүнүктөр берилди.

Күнүдүзгү жана аралыкта окутуу формасындагы инженердик багыттагы студенттерге, магистирлерге жана аспиранттарга арналат.

Рецензент - т.и.д., профессор М.З.Алмаматов

Киришүү

Контролдук жумушту аткаруудан мурда берилген маселеге карата теоретикалык материалдарды жакшы өздөштүрүп окуп чыгуу зарыл. Теоретикалык материалды окуп чыккандан кийин маселени чыгарууга милдеттерди коюу керек жана андан кийин гана практикалык жумуштарды аткарууга өткөн туура.

Контролдук жумушка коюлуучу талаптар.

1. Контролдук жумуш А4 форматындагы (жазуу кагазынын стандарттуу барагы) баракта чернила менен аккуратно жана түшүнүктүү аткарылат.
2. Барактын рамкасы: үстүнөн, астынан жана оң жагынан 5 мм; ал эми сол жагынан – 20 мм кемтик калтырылат.
3. Чийүү карандаш менен аткарылат жана чийме куралдары колдонулат.
4. № 1 чи маселеге берилген графикалык бөлүгү (маселенин 2-чи жана 3-чү бөлүгү) А3 форматында аткарылат. Ылдыйкы оң бөлүгүндө негизги жазуу берилет.
5. Бардык маселеге милдеттүү түрдө тема жана шарт коюлат.
6. Маселелердин чыгаруулары кыскача түшүндүрмөнү жана аныкталган чоңдуктардын бирдик өлчөмдөрүн өзүнө камтуусу керек.
7. Ар бир маселени жаны беттен баштап аткаруу керек.
8. Ар бир бет өз ирети менен номерленет жана жумуштун этегинде контролдук жумуштун мазмуну берилет.
9. Титулдук барак милдеттүү түрдө берилет.

Жумушту аткаруунун үлгүсү

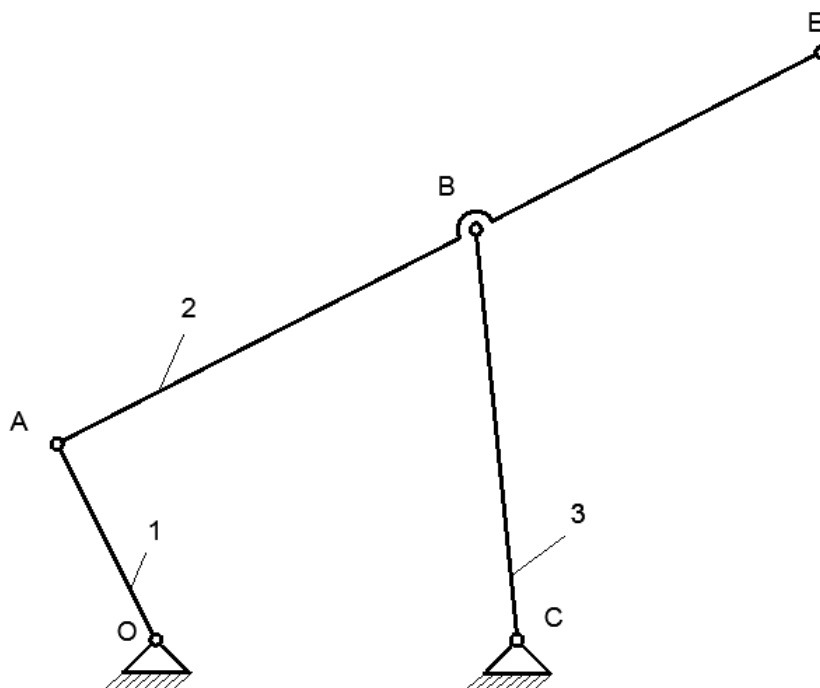
№ 1-чи маселе. Тегиздиктеги шарнирдүү механизмди изилдөө

1-чи таблица

Баштапкы берилиштер

l_{DA}	l_{BC}	l_{AB}	l_{BE}	OC	ω_1	m	I_S
<i>мм</i>					c^{-1}	<i>кг</i>	$кг \cdot м^2$
80	200	200	180	160	16	<i>кг</i>	$м^2$

$q = 10$ кг/м, ийримуунактын абалы 11, өндүрүштүк каршылык күчү $F_{\text{өн}} = 40$ Н.



1-чи сүр. Шарнирдүү механизмдин схемасы

1. Механизмдин структуралык анализи

1.1. Механизмдин түзүлүшүн изилдөө

Изилденип жаткан механизм бир кыймылсыз тогоо түркүктөн жана үч кыймылдуу тоголордон: OA – ийримуунак (кривошип), AE – тээк (шатун), BC – термелгич бакан (коромысло) турат.

Механизмдин тогоолору төмөнкү кинематикалык жуптарды пайда кылышат: O (0-1); A (1-2); B (2-3); C (3-0).

Бардык кинематикалык жуптар төмөнкү, айлануу, бешинчи класстагы, бир кыймылдуу болушат.

1.2. Механизмдин кыймылдуулук көрсөткүчүн аныктоо

Механизмдин кыймылдуулук көрсөткүчү:

$$W = 3n - 2p_5 ,$$

Мында n – кыймылдуу тогоолордун саны,

p_5 – бишинчи класстагы кинематикалык жуптардын саны.

Биздин учурда $n = 3$, $p_5 = 4$, демек:

$$W = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1 .$$

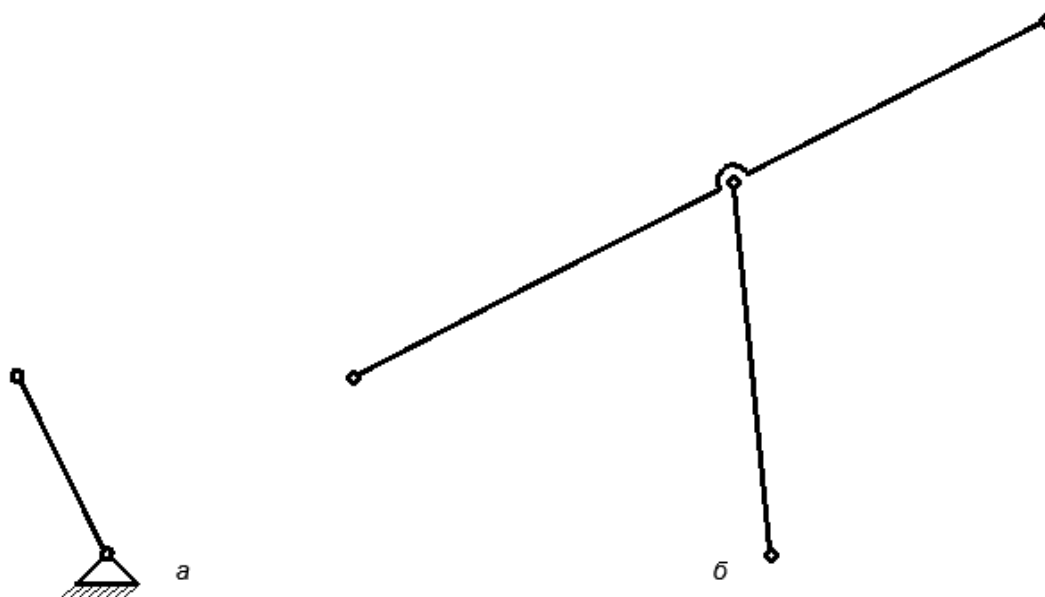
Көрсөтүлгөн механизмдин кыймыл көрсөткүч саны бирге барабар, башкача айтканда бул механизмдин иштеши үчүн анын баштапкы тогоосуна көз карандысыз кыймыл берүү керек. Ошентип, механизмдин кыймыл көрсөткүчү анын баштапкы тогоолорунун санын көрсөтөт.

1.3. Механизмдин классын аныктоо

Механизмди бөлүктөргө баштапкы тогоону өзүнчө жана Ассурдун группасын өзүнчө кылып болобүз.

Изилденип жаткан механизм баштапкы тогоого бирүүгүдөн пайда болгон (2-чи а сүр.), ал түркүк менен айлануу кинематикалык жубу менен байланышкан баштапкы тогоодон, Асуурдун II класстагы группадан, II иретте жана биринчи түрдөн турат (2-чи б сүр.).

Мындан чыкты, бул механизм II класстагы механизм болуп саналат.



2-чи сүр. Баштапкы тогоо жана Ассурдун группасы

2. Механизмдин кинематикалык анализи

2.1. Механизмдин баштапкы тогоосунун берилген абалына кинематикалык схеманы түзүү

Схемада көрсөтүлгөн механизмдин тогоолорунун узундугун m менен алабыз, узундуктун масштабын μ_l аныктайбыз жана кесиндиликтердин узундугун эсептейбиз. Жыйынтыктарын 2-чи таблицка киргизебиз.

$$\text{Масштаб } \mu_l = \frac{l_{OA}}{OA},$$

мында l_{OA} – OA тогоосунун узундугу, m

OA – механизмдин 1 тогоосунун пландагы көрсөтүлгөн кесиндиси, mm

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA} = \frac{0,08}{40} = 0,002 \text{ м/мм}.$$

BC схемада көрсөтүлгөн механизмдин 3 тогоосунун кесиндиси

$$BC = \frac{l_{BC}}{\mu_l} = \frac{0,200}{0,002} = 100 \text{ мм}.$$

Ушуга окшоштуруп эле схемада көрсөтүлгөн башка тогоолордун кесиндилерин да аныктап алабыз:

2-чи таблица

кесиндилер	OA	BC	AB	BE	OC
узундугу, мм	40	100	100	90	80
тогоолордун узундугу, м	0,08	0,2	0,2	0,18	-

Берилген ийримуунактын абалына карата кинематикалык схеманы түзөбүз.

2.2. Ылдамдыктарды аныктоо

A чекитинин ылдамдыгынын модулуна төмөнкү формула менен табабыз:

$$v_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 16 \cdot 0,08 = 1,28 \text{ м/с}.$$

B чекитинин ылдамдыгын аныктоо үчүн вектордук теңдемелерди түзөбүз:

$$\begin{aligned} \overline{v_B} &= \overline{v_A} + \overline{v_{BA}} \\ \overline{v_B} &= \overline{v_C} + \overline{v_{BC}} \end{aligned} \quad (1)$$

мында v_A – A чекитинин модулу, модулу белгилүү, ал эми $\overline{v_A}$ ω_I багыты боюнча OA тогоосуна перпендикулярдуу багытталган;

v_{BA} – полюс A га салыштырмалуу 2-чи тогоонун айлануу кыймылындагы B чекитинин салыштырмалуу ылдамдыгы, анын модулу белгисиз, ал эми $\overline{v_{BA}}$ вектору AB тогоосуна перпендикулярдуу багытталган;

$\overline{v_C}$ – C чекитинин ылдамдыгы, нөлгө барабар, себеби C чекити түркүккө тийиштүү;

$\overline{v_{BC}}$ – полюс C га салыштырмалуу 3-чү тогоонун айлануу кыймылындагы B чекитинин салыштырмалуу ылдамдыгы, анын модулу белгисиз, ал эми $\overline{v_{BC}}$ вектору BC тогоосуна перпендикулярдуу багытталган.

(1) вектордук теңдемесин графикалык жол менен аныктайбыз, башкача айтканда, ылдамдыктар планын түзөбүз.

Ылдамдыктар планынын масштабы

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa},$$

мында v_A – A чекитинин ылдамдыгы, m/c ;

pa – ылдамдыктар планында көрсөтүлгөн $\overline{v_A}$ вектору, mm .

e чекитинин абалын ылдамдыктар планында окшоштук теоремасынан табабыз:

$$\frac{AB}{BE} = \frac{ab}{be} \Rightarrow be = \frac{BE \cdot ab}{AB}; \quad be = \frac{180 \cdot 23}{200} = 20,7 \text{ мм.}$$

Алынган векторлорду ылдамдыктар планынан өлчөп алып, μ_v масштабына көбөйтөбүз. Жыйынтыгында механизмдин чекиттеринин ылдамдык модулу алабыз.

Маселен: $v_B = pb \cdot \mu_v = 70 \cdot 0,02 = 1,4 \text{ м/с.}$

Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 3-чү таблицкага киргизебиз

3-чү таблица

кесиндилер	pa	bp	pe	pS_2	pS_3	ab
алардын узундугу, мм	64	70	80	68	32	23
ылдамдыктар	v_A	v_B	v_E	v_{S2}	v_{S3}	v_{BA}
алардын модулдары, м/с	1,28	1,4	1,6	1,36	0,64	0,46

2-чи жана 3-чү тогоолорунун бурчтук ылдамдыктарын табабыз

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{BA}} = \frac{0,46}{0,2} = 2,3 \text{ c}^{-1}.$$

ω_2 ылдамдыгынын багыты $\overline{v_{BA}}$ салыштырмалуу ылдамдыгынын багытына туура келет, башкача айтканда, $\overline{v_{BA}}$ вектору А полюсуна салыштырмалуу 2-чи тогоону айландырууга аракет кылган багытка, эгерде бул веторду механизмдин ылдамдыктар планында В чектине оюбузча жылдырсак, биздин учурда сааттын жебеси боюнча.

$$\omega_3 = \frac{1,4}{0,2} = 7 \text{ c}^{-1}.$$

3-чү тогоонун бурчтук ылдамдыгын да жогорку окшош эле табабыз. ω_3 багыты сааттын жебесинин багытына туура келет.

2.3. Ылдамданууларды аныктоо

А чекитинин ылдамдануусунун модулун төмөнкү формула менен табабыз:

$$a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 16^2 \cdot 0,08 = 20,48 \text{ м/с}^2.$$

В чекитинин ылдамдануусун аныктоо үчүн вектордук теңдемелерди түзөбүз:

$$\begin{aligned}\overline{a_B} &= \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau} \\ \overline{a_B} &= \overline{a_C} + \overline{a_{BC}^n} + \overline{a_{BC}^\tau}\end{aligned}\quad (2)$$

мында $\overline{a_A}$ - модулу белгилүү А чекитинин ылдамдануусу; $\overline{a_A}$ вектору А чекитинен О чекитине карата ОА тогоосуна багытталган;

$\overline{a_{BA}^n}$ - А полюсуна салыштырмалуу 2-чи тогоонун айлануу кыймылындагы В чекитинин нормалдуу салыштырмалуу ылдамдануусу.

Модулу $\overline{a_{BA}^n} = \omega_2^2 \cdot l_{AB} = 2,3^2 \cdot 0,2 = 1,058 \text{ м/с}^2$.

$\overline{a_{BA}^n}$ вектору В чекитинен А чекитине карата ВА тогоосуна багытталган.

$\overline{a_{BA}^\tau}$ - А полюсуна салыштырмалуу АВ тогоосунун айлануусундагы В чекитинин жаныма ылдамдануусу; $\overline{a_{BA}^\tau}$ модулу белгисиз, ал эми $\overline{a_{BA}^\tau}$ вектору АВ тогоосуна перпендикулярдуу багытталган;

$\overline{a_C}$ - С чекитинин ылдамдануусу, нөлгө барабар, себеби С чекити түркүккө тийиштуу;

$\overline{a_{BC}^n}$ - С полюсуна салыштырмалуу ВС тогоосунун айлануусундагы В чекитинин нормалдуу ылдамдануусу. Модулу $\overline{a_{BC}^n} = \omega_3^2 \cdot l_{BC} = 7^2 \cdot 0,2 = 9,8 \text{ м/с}^2$, $\overline{a_{BC}^n}$ вектору В чекитинен С чекитине карата ВС тогоосуна багытталган;

$\overline{a_{BC}^\tau}$ - С полюсуна салыштырмалуу ВС тогоосунун айлануусундагы В чекитинин жаныма ылдамдануусу. $\overline{a_{BC}^\tau}$ модулу белгисиз, $\overline{a_{BC}^\tau}$ вектору ВС тогоосуна перпендикулярдуу багытталган.

(2) вектордук тендемесин графикалык жол менен аныктайбыз, башкача айтканда, ылдамдануу планын түзөбүз.

Ылдамдануу планынын масштабы:

$$\mu_A = \frac{a_A}{\pi a},$$

Мында a_A – А чекитинин ылдамдануусу.

πa – ылдамдануу планында a_A векторун көрсөткөн кесиндинин узундугу. $\pi a = 82 \text{ мм}$ деп кабыл алабыз, анда:

$$\mu_A = \frac{a_A}{\pi a} = \frac{20,48}{82} = 0,249 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}.$$

Ылдамдануу планында көрсөтүлгөн $\overline{a_{BA}^n}$ жана $\overline{a_{BC}^n}$ векторлорунун кесиндилерин аныктайбыз:

$$an_1 = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{1,058}{0,249} = 4,23 \text{ мм} ,$$

$$m_2 = \frac{a_{BC}^n}{\mu_a} = \frac{9,8}{0,249} = 39,4 \text{ мм} .$$

Ылдамдануу планынан e чекитинин абалын окшоштук теоремасынан табабыз.

$$\frac{AB}{BE} = \frac{ab}{be} , \text{ мындан } be = \frac{BE \cdot ab}{AB} = \frac{180 \cdot 48}{200} = 43,2 \text{ мм} .$$

$\overline{a_E}$ векторун π полюсун e чекити менен бириктирүүдөн алабыз.

Алынган векторлорду ылдамдануу планынан өлчөп алып, μ_a масштабына көбөйтөбүз. Жыйынтыгында механизмдин чекиттеринин ылдамдануу модулун алабыз.

$$\text{Маселен: } a_B = \pi b \cdot \mu_a = 40 \cdot 0,249 = 9,96 \text{ м/с}^2 .$$

Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 4-чү таблицка киргизебиз

4-чү таблица

кесиндилер	πa	πp	πe	πS_2	πS_3	$n_1 b$
алардын узундугу, мм	80	40	27	42	20	47
ылдамдануулар	a_A	a_B	a_E	a_{S2}	a_{S3}	a_{BA}^r
алардын модулдары, м/с	20,48	10,24	6,72	10,46	4,98	11,7

2-чи жана 3-чү тогоолорунун бурчтук ылдамданууларын ε_2 жана ε_3 табабыз:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{BA}} = \frac{11,7}{0,2} = 58,5 \text{ с}^{-2} .$$

ε_2 багыты $\overline{v_{BA}^\tau}$ салыштырмалуу ылдамдыгынын багытына туура келет, башкача айтканда, $\overline{v_{BA}}$ вектору А полюсуна салыштырмалуу АВ тогоосун айландырууга аракет кылган багытка, эгерде бул веторду механизмдин В чектине койсок, биздин учурда сааттын жебесине каршы боюнча.

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BC}^\tau}{l_{BC}} = \frac{0}{0,2} = 0 .$$

Ошентип ВС тогоосу бир калыпта айланат.

3. Механизмдин кинетостатикалык анализи

3.1. Механизмдин тогоолоруна таасир этүүчү күчтөрдү аныктоо

Оордук күчтөрүн төмөнкү формула менен табабыз:

$$G = mg ,$$

мында m – тогоонун массасы, шарт боюнча $m=10l$ кг,

l - тогоонун узундугу, м

g – эркин түшүү ылдамдануусу, $g = 10 \text{ м/с}^2$.

$$G_1 = 10 \cdot 0,08 \cdot 10 = 8 \text{ Н} ,$$

$$G_2 = 10 \cdot 0,38 \cdot 10 = 38 \text{ Н} ,$$

$$G_3 = 10 \cdot 0,2 \cdot 10 = 20 \text{ Н} .$$

Оордук күчтөрү тогоолордун борбордук массасына коюлган жана вертикалдуу төмөн багытталган.

Инерция күчтөрүн төмөнкү формула менен табабыз:

$$F_u = m \cdot a_S ,$$

a_S - тогоонун борбордук массасынын ылдамдануусу, 2.3 пунктта аныкталган:

$$F_{u2} = 3,8 \cdot 10,46 = 39,7 \text{ Н} ,$$

$$F_{u3} = 2 \cdot 4,98 = 9,96 \text{ Н} .$$

Инерция күчтөрү тогоолордун борбордук массасына коюлган жана ылдамдануулардын борбордук массасына каршы багытталган.

Инерция күчтөрүн моментин төмөнкү формула менен табабыз:

$$M_u = I_S \cdot \varepsilon ,$$

Мында I_S – тогоонун инерция моменти, $I_S = 0,1 \cdot ml$ же $I_S = l^3$,

ε – тогоонун бурчтук ылдамдануусу.

$$M_{u2} = 0,38^3 \cdot 58,5 = 3,2 \text{ кг/м}^2 .$$

Тогоонун $M_{из}$ инерция күчүнүн моменти тогоонун ε_2 бурчтук ылдамдануусуна каршы багытталган. $\overline{F_{он}}$ өндүрүштүк каршылык күчүн механизмдин Е чекитине коёбуз жана ушул чекиттин ылдамдыгынын $\overline{v_E}$ векторуна каршы багыттайбыз же ага жакыныраак: биздин учурда $\overline{F_{он}}$ горизонталдык багытталган.

3.2. Механизмдин кинематикалык жуптарындагы реакцияларды аныктоо

Ассурдун (2-3) группасын $\mu_l = 0,002 \text{ м/мм}$ масштабында көрсөтөбүз жана тогоолорго таасир этүүчү активдүү күчтөрдү көрсөтөбүз.

А жана С кинематикалык жуптарында пайда болгон реакцияларды түзүүчүлөргө бөлөбүз. $\overline{F_{21}^n}$ жана $\overline{F_{30}^n}$ нормалдуу түзүүчүлөр дал келүүчү тогоолорго карата багытталган; $\overline{F_{21}^r}$ жана $\overline{F_{30}^r}$ жаныма түзүүчүлөр тогоолорго перпендикулярдуу багытталган.

$\overline{F_{21}^r}$ жана $\overline{F_{30}^r}$ жаныма түзүүчүлөр 2-чи жана 3-чү тогоолордун тең салмактуулук шартынан табабыз, ал үчүн схемадан В чекитине салыштырмалуу бардык күчтөрдүн ийиндерин көрсөтөбүз жана алардын узундуктарын өлчөйбүз.

Өлчөмдөрдүн жыйынтыктарын 5-чи таблицкага киргизебиз

белгилениши	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5
узундугу, мм	3	4	10	2	57

2-чи тогоо үчүн тең салмактуулук теңдемесин түзөбүз жана $\overline{F_{21}^\tau}$ табабыз:

$$\sum m_B[F_{2i}] = 0 ,$$

$$-G_2 \cdot h_1 + F_{u2} \cdot h_2 + F_{21}^\tau \cdot AB + M_{u2} - F_{он} \cdot h_5 = 0 ,$$

$$\begin{aligned} F_{21}^\tau &= \frac{G_2 \cdot h_1 + F_{u2} \cdot h_2 + F_{21}^\tau \cdot AB + M_{u2} - F_{он} \cdot h_5}{AB} = \frac{38 \cdot 3 - 39,7 \cdot 4 - 3,2/0,002 + 40 \cdot 57}{200} = \\ &= \frac{114 - 158,8 - 1600 + 2280}{100} = 6,4 \text{ Н.} \end{aligned}$$

3-чү тогоо үчүн тең салмактуулук теңдемесин түзөбүз жана $\overline{F_{30}^\tau}$ табабыз:

$$\sum m_B[F_{3i}] = 0 ,$$

$$G_3 \cdot h_3 + F_{u3} \cdot h_3 + F_{30}^\tau \cdot BC = 0$$

$$F_{30}^\tau = \frac{G_3 \cdot h_3 + F_{u3} \cdot h_3 + F_{30}^\tau \cdot BC}{BC} = \frac{20 \cdot 10 - 9,96 \cdot 2}{200} = \frac{200 - 19,92}{100} = 1,8 \text{ Н.}$$

$\overline{F_{21}^\tau}$ реакциясын күчтүк көп бурчтуктан m жана b чекиттерин бириктирүүдөн табабыз. $\overline{F_{21}^n}$ жана $\overline{F_{30}^n}$ нормалдуу түзүүчүлөрүн (2-3) группасына таасир этүүчү бардык күчтөрдү күчтүк көп бурчтук кылып түзүүдөн табабыз, төмөнкү вектордук теңдемеге баш ийиүү менен:

$$\overline{F_{21}^n} + \overline{F_{21}^\tau} + \overline{G_2} + \overline{F_{u2}} + \overline{F_{он}} + \overline{G_3} + \overline{F_{u3}} + \overline{F_{30}^\tau} + \overline{F_{30}^n} = 0 .$$

Күчтөр планынын масштабыз аныктайбыз:

$$\mu_F = \frac{F_{21}^\tau}{ab} ,$$

мында F_{21}^r - күчтүн модулу, Н,

ab – күчтөр планында $\overline{F_{21}^r}$ векторун көрсөтүүчү кесинди, мм.

$$\mu_F = \frac{6,4}{6,4} = 1 \text{ Н/мм.}$$

Модулу боюнча белгилүү болгон күчтөр планындагы күчтөрдүн векторлорун көрсөтүүчү кесиндилердин узундуктарын табабыз.

$$\text{Маселен: } bc = \frac{G_2}{\mu_F} = \frac{38}{1} = 38 \text{ мм.}$$

Эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 6-чы таблицага киргизебиз.

6-чы таблица

күчтөр	F_{21}^r	G_2	F_{u2}	F_{on}	G_3	F_{u3}	F_{30}^r
алардын модулдары, Н	6,4	38	39,7	40	20	9,96	1,8
кесиндилер	ab	de	bc	dc	ef	fm	mn
алардын узундуктары, мм	6,4	38	39,7	40	20	9,96	1,8

В кинематкалык жубундагы реакцияларды аныктоо үчүн e жана m чекиттерин бириктиребиз, башкача айтканда 2-чи тогоого таасир этүүчү күчтөргө түзүлгөн күчтүк көп бурчтукту туюктайбыз.

Изделип жаткан күчтөрдүн модулун аныктоо үчүн керектүү кесиндилерди өлчөйбүз жана μ_F кучтун масштабына көбөйтөбүз:

$$F_{21}^n = 58 \text{ Н,}$$

$$F_{30}^n = 30 \text{ Н,}$$

$$F_{23} = 40 \text{ Н,}$$

$$F_{21} = 58,3 \text{ Н.}$$

3.3. Баштапкы тогоонун кинетостатикасы

Баштапкы тогоону көрсөтөбүз. 1-чи тогоого таасир этүүчү сырткы күчтөрдү көрсөтөбүз: $\overline{G_1}$ - оордук күчү, $\overline{F_{u1}}$ - инерция күчү, А кинематикалык жубундагы $\overline{F_{12}}$ реакция жана $\overline{F_{mc}}$ - теңсалмак күчү.

$\overline{F_{12}}$ реакциясын $\overline{F_{21}}$ реакциясына каршы багыттайбыз. $\overline{F_{mc}}$ теңсалмак күчүн А чекитинде ОА га перпендикулярдуу кылып коебуз.

$\overline{G_1}$ жана $\overline{F_{12}}$ ийиндерин О чекитине карата түзөбүз – О чекитинен дал келүүчү күчтөргө таасир этүүчү сызыкка чейинки кыска аралык.

Алынган кесиндилерди өлчөйбүз:

$$h_1 = 10 \text{ мм}, \quad h_2 = 40,8 \text{ мм}.$$

О чекитине карата бардык күчтөрдүн моменттеринин суммасы түрүндө баштапкы тогоо үчүн теңсалмактуулук теңдемесин түзөбүз:

$$\sum m_o(F_{i})=0, \quad F_{mc} \cdot OA - G_1 \cdot h_1 - F_{12} \cdot h_2 = 0,$$

$$F_{mc} = \frac{G_1 \cdot h_1 + F_{12} \cdot h_2}{OA} = \frac{8 \cdot 10 + 58,3 \cdot 40,8}{40} = 61,5 \text{ Н}.$$

О кинематикалык жубуна таасир этүүчү реакцияны аныктоо үчүн 1-чи тогоо үчүн күчтөрдүн вектордук теңдемесин түзөбүз жана аны графикалык жол менен чечебиз, башкача айтканда күчтөрдүн планын түзөбүз:

$$\mu_F = \frac{G_1}{ab} = \frac{8}{8} = 1 \text{ Н / мм}.$$

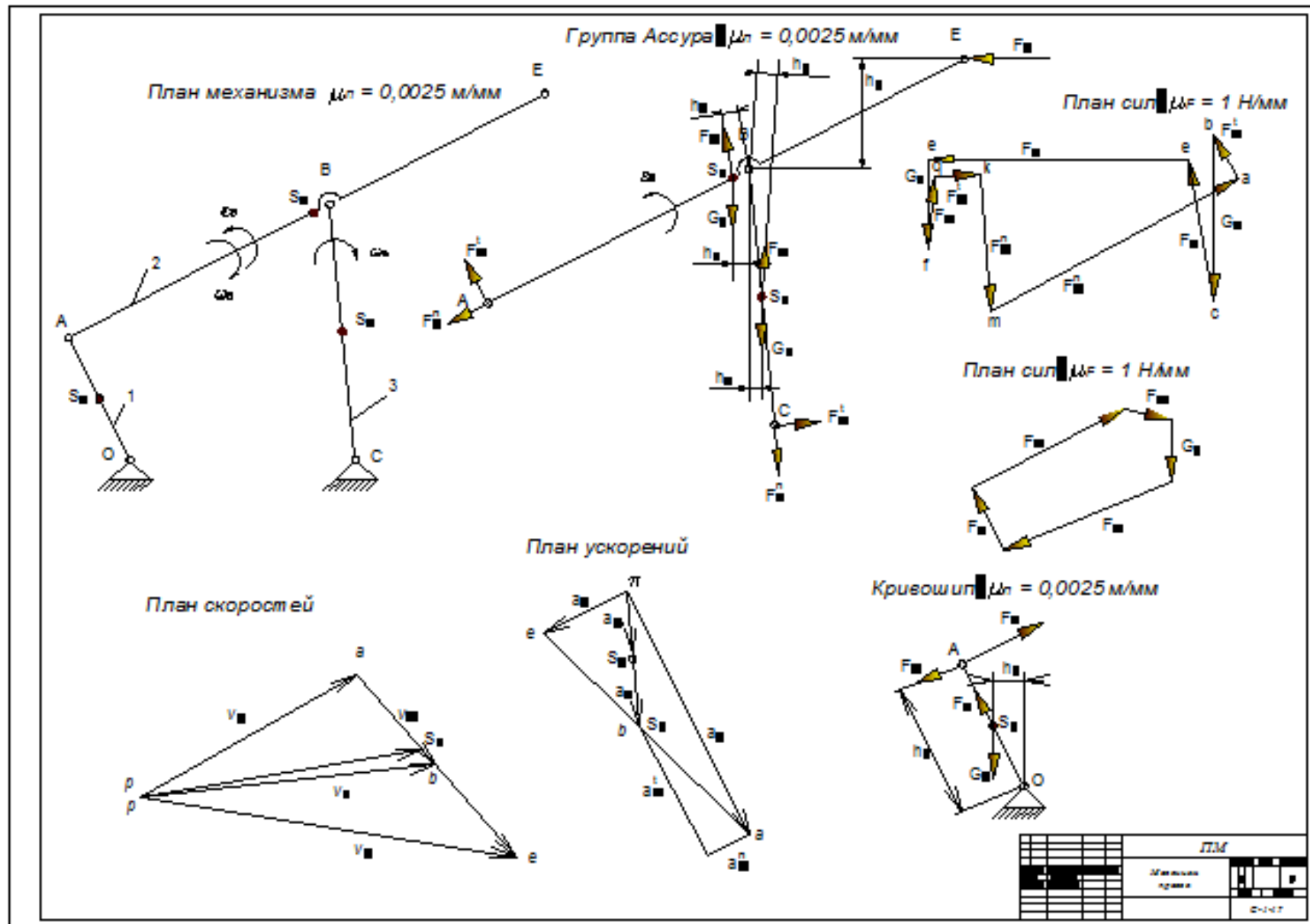
Модулу белгилүү болгон күчтөрдү көрсөтүүчү кесиндилердин узундуктарын табабыз:

$$bc = \frac{F_{12}}{\mu_F} = \frac{58,3}{1} = 58,3 \text{ мм}.$$

Ушундай эле $cd = 4 \text{ мм}$.

F_{10} реакциясынын чоңдугун аныктоо үчүн ea кесиндисинин узундугун өлчөйбүз жана аны μ_F масштабына көбөйтөбүз:

$$F_{10} = ea \cdot \mu_F = 5 \cdot 1 = 5 \text{ Н}.$$



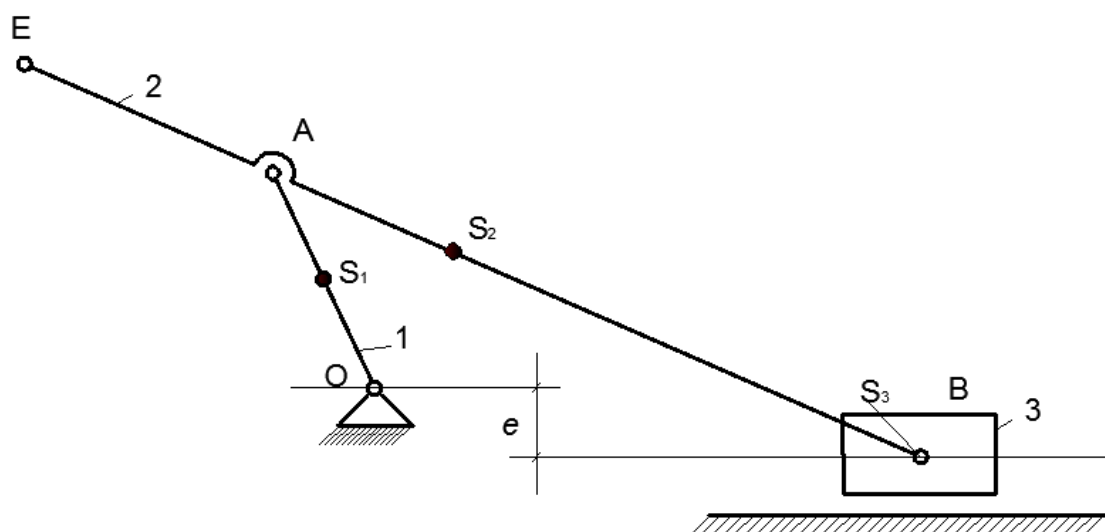
Жылма-ийримуунак механизмди изилдөө

1. Механизмдин структуралык анализи

1.1. Механизмдин түзүлүшүн окуп үйрөнүү

Жылма-ийримуунак механизми бир кыймылсыз, үч кыймылдуу тогоолордон турат, анын ичинен бир тогоосу жылма.

Кыймылсыз тогоо түркүк деп аталат жана **0** цифрасы менен белгилейбиз.



1-чи сүр. Жылма-ийримуунак механизмдин схемасы

Кыймылдуу тоголор төмөнкүлөр:

OA – 1 - ийримуунак (кривошип); айлануу кыймылын жасайт.

AB – 2 - тээк (шатун); жалпакпараллел кыймылын жасайт.

3 – жылма (ползун) умтулма кыймылга ээ.

Механизмдин тогоолору төмөнкү кинематикалык жуптарды пайда кылышат (1-чи сүр.).

Кинематикалык жуп **0** (түркүк – кривошип).

Кинематикалык жуп **A** (кривошип - шатун).

Кинематикалык жуп **B** (шатун – ползун).

Кинематикалык жуп **C** (ползун - түркүк).

Бардык төрт жуп биркыймылдуу, бешинчи класстагы төмөнкү жуптар болуп эсептелет, себеби алар тогоолордун кыймылына карата беш чектөөгө ээ.

Биринчи үч жуп (0, A, B) айлануу кыймылына, төртүнчү – умтулма кыймылына ээ.

1.2. Механизмдин кыймылдуулук көрсөткүчүн аныктоо

Механизмдин кыймылдуулук көрсөткүчүн Чебышевдун формуласы менен аныктайбыз:

$$W = 3n - 2p_5 ,$$

мында W - механизмдин кыймылдуулук көрсөткүчү

n – кыймылдуу тогоолордун саны,

p_5 – бишинчи класстагы кинематикалык жуптардын саны.

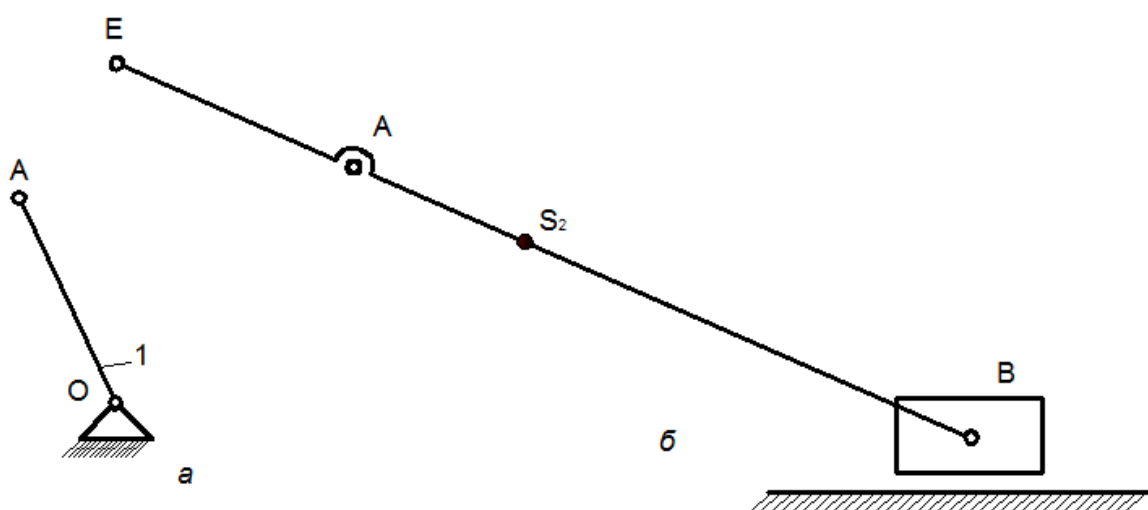
Биздин учурда $n = 3$, $p_5 = 4$ ко, демек:

$$W = 3n - 2p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1 .$$

Механизм бир кыймыл көрсөткүчүнө ээ, башкача айтканда механизмдин тогоолорунун кыймылын аныктоо үчүн бир эле тогоого кыймыл берүү менен караса болот.

1.3. Механизмдин классын аныктоо

Механизм баштапкы тогоого (кривошип менен түркүккө) 2-чи а сүр. II иреттеги жана II түрдөгү Ассурдун II класстагы группасы бириктирүүдөн пайда болгон (2-чи б сүр.).



2-чи сүр. Баштапкы тогоо жана Ассурдун группасы

Механизмдин составына кирген Ассурдун эн жогорку классындагы группасы боюнча аныкталат, изилденип жаткан механизм II класс болуп саналат.

2. Механизмдин кинематикалык анализи

2.1. Кинематикалык схеманы түзүү

Механизмдин баштапкы тогоосунун берилген абалына кинематикалык схема түзөбүз.

Механизмдин тогоолорун *метр* менен беребиз.

1-чи таблица

l_{OA}	l_{AB}	l_{AE}	l_{BE}
<i>м</i>			
0,02	0,068	0,026	0,094

Узундуктун масштабын аныктайбыз:

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA}, \text{ м/мм.}$$

Мында OA – кинематикалык схемада механизмдин 1-чи тогоосун көрсөткөн кесиндинин узундугу, мм. OA = 30 мм деп кабыл алабыз.

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA} = \frac{0,02}{30} = 0,0067 \text{ м/мм.}$$

Кинематикалык схемада механизмдин тогоолорун көрсөткөн кесиндилердин узундуктарын жана *e* аралыгын аныктайбыз.

2-чи таблица

OA	AB	AE	e
мм			
30	104	39	21

2.2. Ылдамдыктарды аныктоо

А чекитинин ылдамдыгын төмөнкү формула менен аныктайбыз:

$$v_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 80 \cdot 0,02 = 1,6 \text{ м/с} .$$

мында ω_1 – 1-чи тогоонун бурчтук ылдамдыгы;

l_{OA} – 1-чи тогоонун узундугу.

$\overline{v_A}$ вектору ω_1 багыты боюнча 1-чи тогоосуна перпендикулярдуу багытталган.

В чекитинин ылдамдыгын аныктоо үчүн вектордук теңдемелерди түзөбүз:

$$\begin{aligned} \overline{v_B} &= \overline{v_A} + \overline{v_{BA}} \\ \overline{v_B} &= \overline{v_C} + \overline{v_{BC}} \end{aligned} \quad (1)$$

мында v_{BA} – полюс А га салыштырмалуу 2-чи тогоонун айлануу кыймылындагы В чекитинин ылдамдыгы, анын модулу белгисиз, ал эми $\overline{v_{BA}}$ вектору АВ тогоосуна перпендикулярдуу багытталган;

$\overline{v_C}$ - С чекитинин ылдамдыгы, нөлгө барабар, себеби С чекити түркүккө тийиштүү;

$\overline{v_{BC}}$ - түркүктүн багыттоочуна салыштырмалуу 3-чү тогоонун умтулма кыймылындагы В чекитинин ылдамдыгы, анын модулу белгисиз, ал эми $\overline{v_{BC}}$ вектору горизонталдуу багытталган.

(1) вектордук теңдемесине карата ылдамдыктар планын түзөбүз.

Ылдамдыктар планынын масштабы

$$\mu_v = \frac{v_A}{ra} = \frac{1,6}{80} = 0,02 \text{ (м/с)/мм} ,$$

мында ra - ылдамдыктар планында көрсөтүлгөн $\overline{v_A}$ векторунун кесиндисинин узундугу, мм.

е чекитинин абалын ылдамдыктар планында окшоштук теоремасынан табабыз:

$$\frac{AB}{AE} = \frac{ab}{ae} \Rightarrow ae = \frac{AE \cdot ab}{AB} ; \quad ae = \frac{26 \cdot 46}{68} = 17,5 \text{ мм.}$$

E чекитин түзөбүз жана аны ылдамдыктар планынын полюсу p чекити менен бириктиребиз. v_E вектору p полюсунан e чекитине карата багытталган.

Ушундай эле s_1 жана s_2 чекиттеринин абалын ылдамдыктар планынан табабыз.

Алынган векторлорду ылдамдыктар планынан өлчөп алып, μ_v масштабына көбөйтөбүз. Жыйынтыгында механизмдин чекиттеринин ылдамдык модулун алабыз.

$$\text{Маселен: } v_B = pb \cdot \mu_v = 48 \cdot 0,02 = 0,96 \text{ м/с.}$$

Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 3-чү таблицка киргизебиз

3-чү таблица

кесиндилер	pa	bp	pe	ps_1	ps_2	ab
алардын узундугу, мм	80	48	96	40	65	46
ылдамдыктар	v_A	v_B	v_E	v_{s1}	v_{s2}	v_{BA}
алардын модулдары, м/с	1,6	0,96	1,92	0,8	1,3	0,92

2-чи тогоонун бурчтук ылдамдыктарын табабыз

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} = \frac{0,92}{0,068} = 13,5 \text{ с}^{-1}.$$

ω_2 ылдамдыгынын багыты $\overline{v_{BA}}$ салыштырмалуу ылдамдыгынын багытына туура келет, башкача айтканда, $\overline{v_{BA}}$ вектору A полюсуна салыштырмалуу 2-чи тогоону айландырууга аракет кылган багытка, эгерде бул векторду механизмдин ылдамдыктар планында B чекитине оюбузча жылдырсак, биздин учурда сааттын жебеси боюнча.

2.3. Ылдамданууларды аныктоо

А чекитинин ылдамдануусунун модулу төмөнкү формула менен табабыз:

$$a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 80^2 \cdot 0,02 = 128 \text{ м/с}^2.$$

В чекитинин ылдамдануусун аныктоо үчүн вектордук теңдемелерди түзөбүз:

$$\begin{aligned} \overline{a_B} &= \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau} \\ \overline{a_B} &= \overline{a_C} + \overline{a_{BC}} \end{aligned} \quad (2)$$

$\overline{a_{BA}^n}$ - А чекитине салыштырмалуу АВ тогоонун айлануу кыймылындагы В чекитинин нормалдуу ылдамдануусу. Модулу

$$\overline{a_{BA}^n} = \omega_2^2 \cdot l_{BA} = 13,5^2 \cdot 0,068 = 12,4 \text{ м/с}^2.$$

$\overline{a_{BA}^n}$ вектору В чекитинен А чекитине карата ВА тогоосуна багытталган.

$\overline{a_{BA}^\tau}$ - А полюсуна салыштырмалуу АВ тогоосунун айлануусундагы В чекитинин жаныма ылдамдануусу; $\overline{a_{BA}^\tau}$ модулу белгисиз, ал эми $\overline{a_{BA}^\tau}$ вектору АВ тогоосуна перпендикулярдуу багытталган;

$\overline{a_C}$ - С чекитинин ылдамдануусу, нөлгө барабар.

$\overline{a_{BC}}$ - багыттоочуларга салыштырмалуу 3-чү тогоосунун умтулма кыймылындагы. $\overline{a_{BC}}$ модулу белгисиз, $\overline{a_{BC}}$ багыты горизонталдуу багытталган.

(2) вектордук теңдемесине карата ылдамдануу планын μ_a масштабын тандайбыз жана ылдамдануу планын түзөбүз.

Ылдамдануу планынын масштабы:

$$\mu_A = \frac{a_A}{\pi a},$$

Мында πa – ылдамдануу планында a_A векторун көрсөткөн кесиндинин узундугу. $\pi a = 96$ мм деп кабыл алабыз, анда:

$$\mu_A = \frac{a_A}{\pi a} = \frac{128}{96} = 1,33 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}.$$

Ылдамдануу планында көрсөтүлгөн $\overline{a_{BA}^n}$ векторунун кесиндисин аныктайбыз:

$$an = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{12,4}{1,33} = 9,32 \text{ мм} ,$$

Ылдамдануу планынан e чекитинин абалын окшоштук теоремасынан табабыз.

$$\frac{AB}{AE} = \frac{ab}{ae} , \text{ мындан } ae = \frac{AE \cdot ab}{AB} = \frac{26 \cdot 86}{68} = 32,9 \text{ мм} .$$

Ушундай эле s_1 жана s_2 чекиттеринин абалын ылдамдануу планынан табабыз.

Алынган e , s_1 жана s_2 чекиттерин π полюсу менен бириктирүүдөн $\overline{a_E}$, $\overline{a_{s1}}$ жана $\overline{a_{s2}}$ векторлорунун ылдамдануусун алабыз.

Алынган векторлорду ылдамдануу планынан өлчөп алып, μ_a масштабына көбөйтөбүз. Жыйынтыгында механизмдин чекиттеринин ылдамдануу модулун алабыз.

$$\text{Маселен: } a_B = \pi b \cdot \mu_a = 1,33 \cdot 76 = 101,08 \text{ м/с}^2 .$$

Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 4-чү таблицка киргизебиз

4-чү таблица

кесиндилер	πb	πe	πs_1	πs_2	nb
алардын узундугу, мм	76	122	48	82	84
ылдамдануулар	a_A	a_E	a_{s1}	a_{s2}	a_{BA}^r
алардын модулдары, м/с	101,08	162,3	64	109,1	111,7

2-чи тогоонун бурчтук ылдамдануусу төмөнкү формула менен табабыз:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{BA}} = \frac{111,7}{0,068} = 1692,6 \text{ с}^{-2} .$$

2-чи тогоонун ε_2 багытын аныктоо үчүн $\overline{v_{BA}^r}$ векторун оюбузча ылдамдануу планынын B чектине койсок, бул вектор A чекитине салыштырмалуу AB тогоосун кайсы багытта айландыраарын көрөбүз. Биздин учурда сааттын жебесине каршы боюнча.

3. Механизмдин кинетостатикалык анализи

3.1. Механизмдин тогоолоруна таасир этүүчү күчтөрдү аныктоо

Оордук күчтөрүн төмөнкү формула менен табабыз:

$$G = mg ,$$

мында m – тогоонун массасы, шарт боюнча $m=10l$ кг,

l - тогоонун узундугу, м

g – эркин түшүү ылдамдануусу, $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Анда

$$m_1 = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ кг}$$

$$m_2 = 10 \cdot 0,094 = 0,9 \text{ кг}$$

$$m_3 = 3 \cdot m_2 = 3 \cdot 0,94 = 2,82 \text{ кг}$$

Демек

$$G_1 = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ Н} ,$$

$$G_2 = 0,94 \cdot 10 = 9,4 \text{ Н} ,$$

$$G_3 = 2,82 \cdot 10 = 28,2 \text{ Н} .$$

Оордук күчтөрү тогоолордун борбордук массасына коюлган жана вертикалдуу төмөн багытталган.

Инерция күчтөрүн төмөнкү формула менен табабыз:

$$F_u = m \cdot a_s ,$$

a_s - тогоонун борбордук массасынын ылдамдануусу.

$$F_{u2} = 0,94 \cdot 109,1 = 102,6 \text{ Н} ,$$

$$F_{u3} = 2,82 \cdot 101,08 = 285 \text{ Н} .$$

Инерция күчтөрү тогоолордун борбордук массасына коюлган жана ылдамдануулардын борбордук массасына каршы багытталган.

2-чи тогоонун инерция күчтөрүн моментин төмөнкү формула менен табабыз:

$$M_{u2} = I_{z2} \cdot \varepsilon_2 ,$$

мында I_{z2} – 2-чи тогоонун инерция моменти

$$I_{z2} = 0,1 \cdot m_2 l_2^2 = 0,1 \cdot 0,94 \cdot 0,094^2 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$M_{u2} = 8 \cdot 10^{-4} \cdot 1642,6 = 1,36 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

M_{u2} багыты ε_2 бурчтук ылдамдануусуна каршы багытталган. Структуралык 2-3 группаны сүрөттөйбүз жана анын тогоолоруна таасир эткен бардык күчтөрдү көрсөтөбүз, ошону менен бирге кинематикалык жуптарда пайда болгон реакция күчтөрүн да көрсөтөбүз.

$\overline{F_{on}}$ өндүрүштүк каршылык күчүн механизмдин 2-чи тогоосунун E чекитине коебуз жана ушул чекиттин ылдамдыгынын $\overline{v_E}$ векторуна каршы багыттайбыз (ылдамдыктар планын кара).

3.2. Механизмдин кинематикалык жуптарындагы реакцияларды аныктоо

B кинематикалык жубунда пайда болгон реакцияларды төмөнкү түзүүчүлөргө бөлөбүз: $\overline{F_{21}^n}$ - нормалдуу түзүүчү 2-чи тогоого карата багытталган жана $\overline{F_{21}^r}$ - жаныма түзүүчү 2-чи тогоого перпендикулярдуу багытталган.

Схемадан B чекитине салыштырмалуу бардык күчтөрдүн ийиндерин көрсөтөбүз жана алардын узундуктарын өлчөйбүз.

Өлчөмдөрдүн жыйынтыктарын 5-чи таблицага киргизебиз

белгилениши	h_1	h_2	h_3
узундугу, мм	65	24	62

2-чи тогоо учун тең салмактуулук теңдемесин түзөбүз жана $\overline{F_{21}^\tau}$ табабыз:

$$\sum m_B[F_{2i}] = 0 ,$$

$$-F_{on} \cdot h_3 + F_{21}^\tau \cdot AB + F_{u2} \cdot h_2 - G_2 \cdot h_1 + M_{u2} = 0 ,$$

$$F_{21}^\tau = \frac{F_{on} \cdot h_3 - F_{u2} \cdot h_2 + G_2 \cdot h_1 - M_{u2}}{AB} = \frac{120 \cdot 62 - 102,6 \cdot 24 + 9,4 \cdot 65 - 1,36 / 6,7 \cdot 10^{-4}}{104} = 34,2 \text{ Н} .$$

$\overline{F_{21}^n}$ жана $\overline{F_{30}}$ белгисиз реакцияларын табуу үчүн Ассурдун группасына күчтөрдүн вектордук теңдемесин түзөбүз жана ага карата күчтүк көп бурчтук түзөбүз:

$$\overline{F_{21}^n} + \overline{F_{21}^\tau} + \overline{G_2} + \overline{F_{u2}} + \overline{F_{on}} + \overline{G_3} + \overline{F_{u3}} + \overline{F_{30}} = 0 .$$

Күчтөр планынын масштабыз аныктайбыз:

$$\mu_F = \frac{F_{21}^\tau}{ab} ,$$

мында F_{21}^τ - күчтүн модулу, Н,

ab – күчтөр планында $\overline{F_{21}^\tau}$ векторун көрсөтүүчү кесинди, мм.

$$\mu_F = \frac{34,2}{10} = 3,42 \text{ Н / мм} .$$

Модулу боюнча белгилүү болгон күчтөр планындагы күчтөрдүн векторлорун көрсөтүүчү кесиндилердин узундуктарын табабыз.

Эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 6-чы таблицага киргизебиз.

күчтөр	F_{21}^r	G_2	F_{u2}	$F_{он}$	G_3	F_{u3}
кесиндилер, мм	10	2,7	30	35	8,2	83

Изделип жаткан күчтөрдүн модулу аныктоо үчүн керектүү кесиндилерди өлчөйбүз жана μ_F күчтүн масштабына көбөйтөбүз:

$$F_{21}^n = \mu_F \cdot ga = 3,42 \cdot 148 = 506,2 \text{ Н},$$

$$F_{30} = \mu_F \cdot fg = 3,42 \cdot 47 = 160,7 \text{ Н}.$$

3.3. Баштапкы тогоонун кинестатикасы

Баштапкы тогоону көрсөтөбүз. 1-чи тогоого таасир этүүчү сырткы күчтөрдү көрсөтөбүз: $\overline{G_1}$ - оордук күчү, $\overline{F_{u1}}$ - инерция күчү, A кинематикалык жубундагы $\overline{F_{12}}$ реакция жана $\overline{F_{mc}}$ - теңсалмак күчү.

$\overline{F_{12}}$ реакциясын $\overline{F_{21}}$ реакциясына каршы багыттабыз. $\overline{F_{mc}}$ теңсалмак күчүн A чекитинде OA га перпендикулярдуу кылып коебуз.

$\overline{G_1}$ жана $\overline{F_{12}}$ ийиндерин O чекитине карата түзөбүз – O чекитинен дал келүүчү күчтөргө таасир этүүчү сызыкка чейинки кыска аралык.

Алынган кесиндилерди өлчөйбүз:

$$h_1 = 10 \text{ мм}, \quad h_2 = 40,8 \text{ мм}.$$

O чекитине карата бардык күчтөрдүн моменттеринин суммасы түрүндө баштапкы тогоо үчүн теңсалмактуулук теңдемесин түзөбүз:

$$\sum m_o(F_{i}) = 0, \quad F_{mc} \cdot OA - G_1 \cdot h_1 - F_{12} \cdot h_2 = 0,$$

$$F_{mc} = \frac{G_1 \cdot h_1 + F_{12} \cdot h_2}{OA} = \frac{8 \cdot 10 + 58,3 \cdot 40,8}{40} = 61,5 \text{ Н}.$$

O кинематикалык жубуна таасир этүүчү реакцияны аныктоо үчүн 1-чи тогоо үчүн күчтөрдүн вектордук теңдемесин түзөбүз жана аны графикалык жол менен чечебиз, башкача айтканда күчтөрдүн планын түзөбүз:

$$\overline{G_1} + \overline{F_{12}} + \overline{F_{10}} = 0$$

$\overline{G_1}$ векторун көрсөтүүчү ab кесиндисин 8 мм деп алабыз жана күчтүн планынын масштабын аныктайбыз:

$$\mu_F = \frac{G_1}{ab} = \frac{8}{8} = 1 \text{ Н/мм} .$$

Модулу белгилүү болгон күчтөрдү көрсөтүүчү кесиндилердин узундуктарын табабыз:

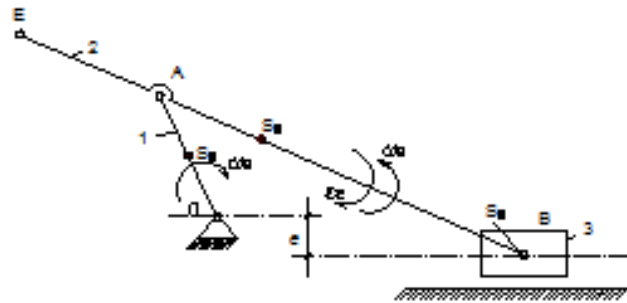
$$bc = \frac{F_{12}}{\mu_F} = \frac{58,3}{1} = 58,3 \text{ мм} .$$

Ушундай эле $cd = 4$ мм, $de = 62,5$ мм.

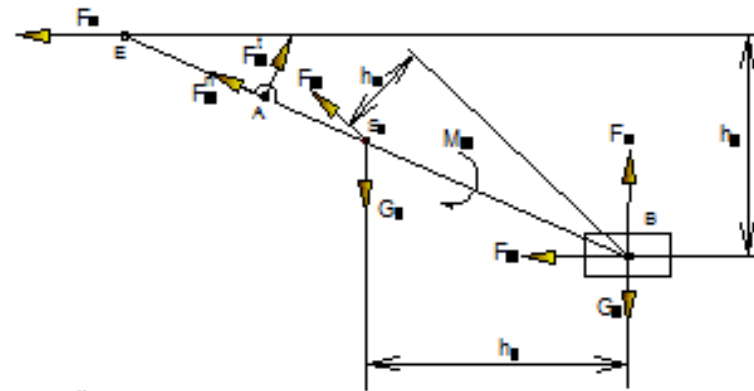
F_{10} реакциясынын чоңдугун аныктоо үчүн ea кесиндисинин узундугун өлчөйбүз жана аны μ_F масштабына көбөйтөбүз:

$$F_{10} = ea \cdot \mu_F = 5 \cdot 1 = 5 \text{ Н} .$$

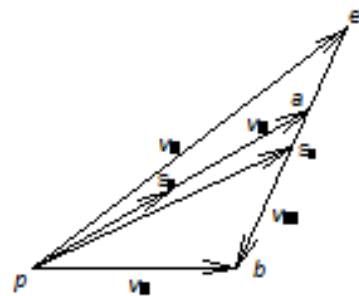
План механизма $\mu_n = 0,00067 \text{ м/мм}$



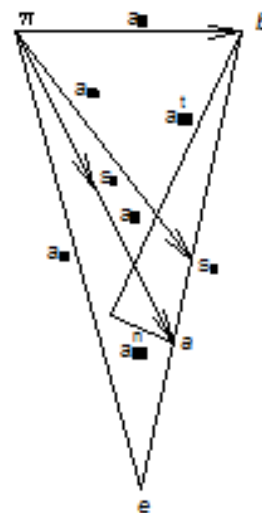
Группа Ассур 2-3 $\mu_n = 0,00067 \text{ м/мм}$



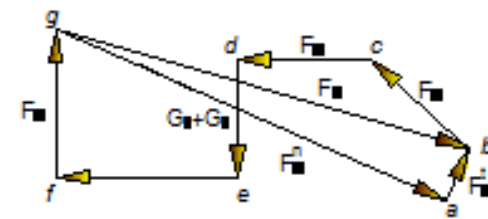
План скоростей



План ускорений



План сил $\mu_F = 342 \text{ Н/мм}$



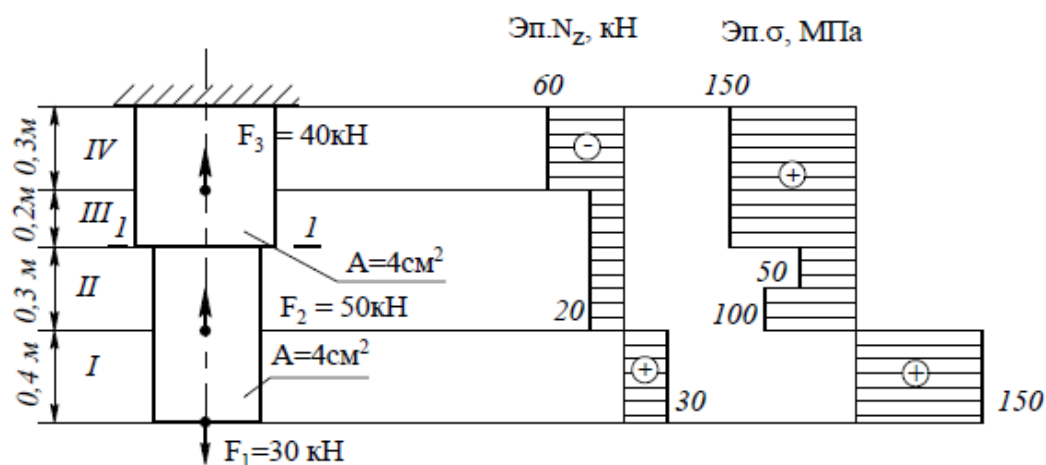
		ПМ	
		Минусы трасса	
		С-17	

№ 2-чи маселе. Тепкичтүү устундун (стержень) эсеби

Берилген тепкичтүү болот устундун эсептөө схемасына узатасынан кеткен күчтүн жана нормалдуу чыңалуу эпюраларын тургузгула.

Устундун бекемдүүлүгүн текшергиле жана I-I кесилишинин жылышуусун аныктагыла.

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}, [\sigma] = 160 \text{ МПа}.$$



Чыгаруу

1. Устунду төрт бөлүккө бөлөбүз.
2. Узатасынан кеткен күчтөрдү аныктайбыз жана алардын эпюрасын тургузабыз:

$$N_{1z} = F_1 = 30 \text{ кН}, \quad N_{2z} = F_1 - F_2 = 30 - 50 = -20 \text{ кН},$$

$$N_{3z} = F_1 - F_2 = 30 - 50 = -20 \text{ кН},$$

$$N_{4z} = F_1 - F_2 - F_3 = 30 - 50 - 40 = -60 \text{ кН}.$$

3. Нормалдуу чыңалууларды аныктайбыз жана алардын эпюраларын тургузабыз:

$$\sigma = \frac{N_z}{A},$$

$$\sigma_1 = \frac{30 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^2} = 150 \text{ МПа} , \quad \sigma_2 = \frac{-20 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^2} = -100 \text{ МПа} ,$$

$$\sigma_3 = \frac{-20 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^2} = -500 \text{ МПа} , \quad \sigma_4 = \frac{-60 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^2} = -150 \text{ МПа} .$$

4. Бекемдүүлүктүн корутундусу: б.а.
 $|\sigma_{\max}| = 150 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$, анда устундун бекемдүүлүгү камсыздалган.

5. Устундун үчүнчү жана төртүнчү бөлүктөрүндө абсолюттук узатасынан кеткен майышууну аныктайбыз:

$$\Delta l = \sigma \frac{l}{E} ,$$

$$\Delta l_3 = -50 \frac{0,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = -5 \cdot 10^{-2} \text{ мм} ,$$

$$\Delta l_4 = -150 \frac{0,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5} = -22,5 \cdot 10^{-2} \text{ мм} .$$

6. I-I кесилишинин жылышууну аныктайбыз:

$$\Delta_{I-I} = \Delta l_3 + \Delta l_4 = -(5 + 22,5) \cdot 10^{-2} = -27,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \approx -0,28 \text{ мм} .$$

Корутунду: бекитилген жана I-I кесилишинин ортосундагы кысылуунун натыйжасында, I-I кесилиши 0,28 мм ге жогоруга жылышат.

№ 3-чү маселе. Октоолгоочтун катуулугуна жана бекемдүүлүгүнө болгон эсеп

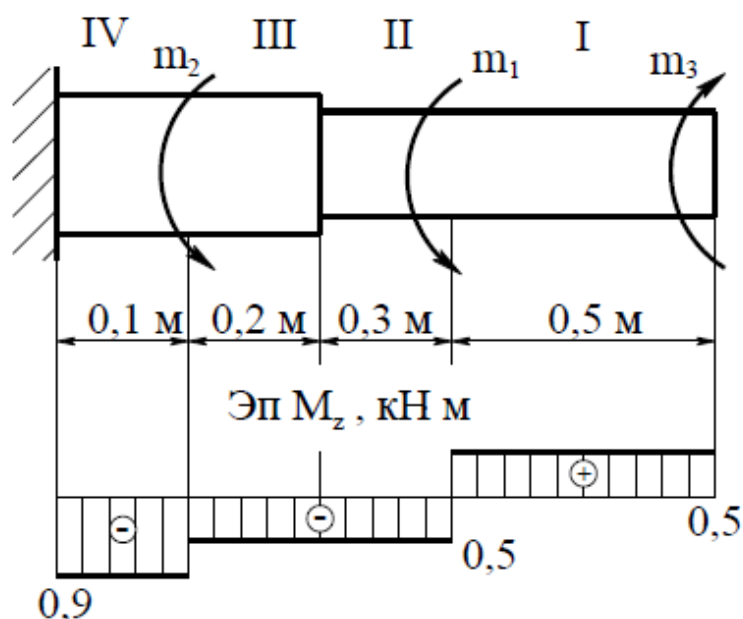
Октоолгоочтун берилген эсептөө схемасына төмөнкүлөрдү: толгоо моментинин эпюрасын тургузуу, октоолгоочтун туурасынан кеткен

өлчөмдөрүн аныктоо; октолгоочтун катуулугун текшерүү керек. Баштапкы берилиштерди 1-чи таблицадан алгыла.

1-чи таблица

Баштапкы берилиштер

m_1	m_2	m_3	a	b	c	d	$[\tau]$	G
$\text{кН}\cdot\text{м}$			м				МПа	
1	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0,1	60	$8\cdot 10^4$



Чыгарылышы

1. Октолгоочту төрт бөлүккө бөлөбүз. Бөлүкчөлөрдүн чеги болуп, октолгоочтун диаметри өзгөргөн сырткы моменттер таасир эткен кесилиштер саналат.

2. Бардык бөлүкчөлөрдүн туурасынан кеткен кесилиштериндеги толгоо моменттерин аныктайбыз жана алардын эпюрасын түзөбүз.

$$M_{z_1} = m_3 = 0,5 ;$$

$$M_{z_2} = m_3 - m_1 = 0,5 - 1 = -0,5 ;$$

$$M_{z_3} = m_3 - m_1 = 0,5 - 1 = -0,5 ; \text{ (кН}\cdot\text{м)}$$

$$M_{z_4} = m_3 - m_1 - m_2 = 0,5 - 1 - 0,4 = -0,9 .$$

Октолгоочтун кооптуу бөлүктөрү болуп I жана IV бөлүктөр саналат.

3. Тепкичтүү октолгоочтун керектүү каршылык полярдуу моменттерин аныктайбыз:

$$W_p = \frac{\max |M_z|}{[\tau]} ; \quad W_{p_{1,2}} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{60} = 8,33 \cdot 10^3 \text{ мм}^3;$$

$$W_{p_{3,4}} = \frac{0,9 \cdot 10^6}{60} = 15 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 .$$

4. Октолгоочтун керектүү туурасынан кеткен өлчөмдөрүн аныктайбыз:

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_p}{0,2}} ,$$

$$d_{1,2} = \sqrt[3]{\frac{8,33}{0,2} \cdot 10^3} = 10 \cdot \sqrt[3]{41,66} = 34,6 \approx 35 \text{ мм},$$

$$d_{3,4} = \sqrt[3]{\frac{15 \cdot 10^3}{0,2}} = 10 \cdot \sqrt[3]{75} = 42 \text{ мм}.$$

5. Октолгоочтун туурасынан кеткен кесилишинин инерциясынын полярдуу моменттерин аныктайбыз:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 ,$$

$$I_{p_{1,2}} = 0,1 \cdot 35^4 = 150 \cdot 10^3 \text{ мм}^4 ,$$

$$I_{p_{3,4}} = 0,1 \cdot 42^4 = 311 \cdot 10^3 \text{ мм}^4 .$$

6. Октолгоочтун катуулугун текшеребиз:

6.1. Салыштырмалуу эн чоң толгоо бурчун аныктайбыз:

$$\theta = \frac{|M_z|}{G \cdot I_p},$$

$$\theta_1^\circ = \frac{0,5 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot 180^\circ}{8 \cdot 10^4 \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 3,14} = \frac{5 \cdot 180^\circ}{8 \cdot 15 \cdot 3,14} = 2,4^\circ,$$

$$\theta_2^\circ = \frac{0,9 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot 180^\circ}{8 \cdot 10^4 \cdot 311 \cdot 10^3 \cdot 3,14} = \frac{90 \cdot 180^\circ}{8 \cdot 311 \cdot 3,14} = 2,1^\circ.$$

6.2. Катуулук боюнча корутунду чыгарабыз:

$$\theta_{\max} = \theta_1 = 2,4^\circ > 1,5^\circ.$$

Октолгоочтун катуулугу жетиштүү эмес.

№ 4-чү маселе. Устундун бекемдүүлүгүнө болгон эсеп

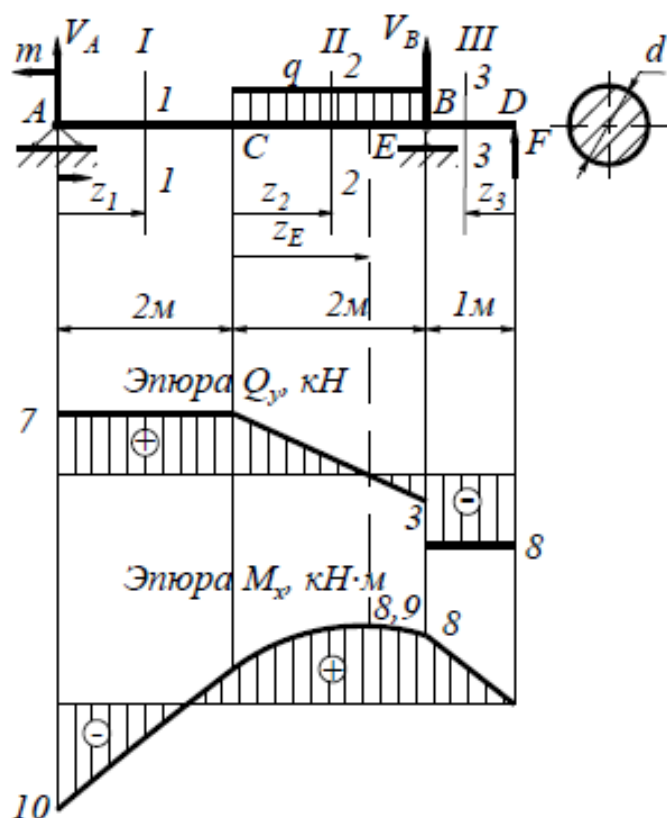
Устундун берилген эсептөө схемасына туурасынан кеткен күчтөрдүн жана ийилүү моменттеринин эпюрасын тургузгула жана устундун тегерек кесилишин тандагыла.

2-чи таблица

Баштапкы берилиштер

m	F	q	[σ]
<i>кН·м</i>	<i>кН</i>	<i>кН/м</i>	<i>МПа</i>
10	8	5	160

Чыгарылышы



1. Таяныч реакцияларын аныктайбыз:

$$\sum m_A = 0 - m + q \cdot 2 \cdot 3 - V_B \cdot 4 - F \cdot 5 = 0$$

$$\sum m_B = 0 - m + V_A \cdot 4 - q \cdot 2 \cdot 1 - F \cdot 1 = 0 .$$

$$V_B = \frac{-10 + 30 - 40}{4} = -5 \text{ кН},$$

$$V_A = \frac{10 + 10 + 8}{4} = 7 \text{ кН}.$$

Текшерүү

$$\sum y = V_A - q \cdot 2 + V_B + F = 7 - 10 - 5 + 8 = 0.$$

2. Устунду үч бөлүккө бөлөбүз:

I – AC, II – CB, III – BD.

3. Устундун чектүү кесилиштеринде туурасынан кеткен күчтөрдү аныктайбыз жана алардын эпюрасын тургузабыз:

$$Q = \sum y, \quad Q_1 = V_A = 7 \text{ кН}, \quad Q_2 = V_A - q \cdot z_2, \quad 0 \leq z_2 \leq 2\text{м},$$

$$\text{при } z_2 = 0, \quad Q_C = V_A - 7 \text{ кН},$$

$$z_2 = 2\text{м}, \quad Q_B = V_A - q \cdot 2 = 7 - 10 = -3 \text{ кН},$$

$$Q_3 = -F = -8 \text{ кН}, \quad \mu_Q = 0,5 \text{ кН/мм}.$$

4. Ийилүү моменттерин аныктайбыз жана алардын эпюрасын тургузабыз:

$$M_x = \sum m(F),$$

$$M_1 = V_A \cdot z_1 - m, \quad 0 \leq z_1 \leq 1\text{м},$$

$$\text{эгерде } z_1 = 0, \quad M_A = -10 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$\text{эгерде } z_1 = 2\text{м}, \quad M_C = 14 - 10 = 4 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_2 = V_A(2 - z_2) - q \frac{z_2^2}{2} - m,$$

$$\text{эгерде } z_2 = 0, \quad M_C = 14 - 10 = 4 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$z_E = \frac{Q_C}{q} = \frac{7}{5} = 1,4 \text{ м},$$

$$M_E = V_A \cdot 3,4 - m - q \frac{1,4^2}{2} = 7 \cdot 3,4 - 10 - 5 \frac{1,4^2}{2} = 8,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

эгерде $z_2 = 2 \text{ м}$, $M_B = V_A \cdot 4 - q \frac{2^2}{2} - m = 28 - 10 - 10 = 8 \text{ кН} \cdot \text{м}$,

$$M_3 = F \cdot z_3. \quad 0 \leq z_3 \leq 1 \text{ м} ,$$

эгерде $z_3 = 1 \text{ м}$, $M_B = F \cdot 1 = 8 \cdot 1 = 8 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $\mu_M = 0,5 \text{ кН} / \text{мм}$.

Устундун кооптуу кесилиши болуп A кесилиши саналат, анткени ушул кесилишке эң чоң ийилүү моменти таасир этет.

5. Устундун туурасынан кеткен кесилишинин керектүү каршылык моментин аныктайбыз:

$$W_x = \frac{|M_{\max}|}{[\sigma]} = \frac{10 \cdot 10^6}{160} = 0,625 \cdot 10^5 \text{ мм}^3.$$

Устундун туурасынан кеткен кесилишинин керектүү диаметрин аныктайбыз:

$$d = \sqrt[3]{10 \cdot W_x} = \sqrt[3]{10 \cdot 0,625 \cdot 10^5} = 10 \cdot \sqrt[3]{625} = 85,5 \approx 86 \text{ мм}.$$

№ 5-чи маселе. Көптөпкичтүү кыймылга келтиргичтин эсеби

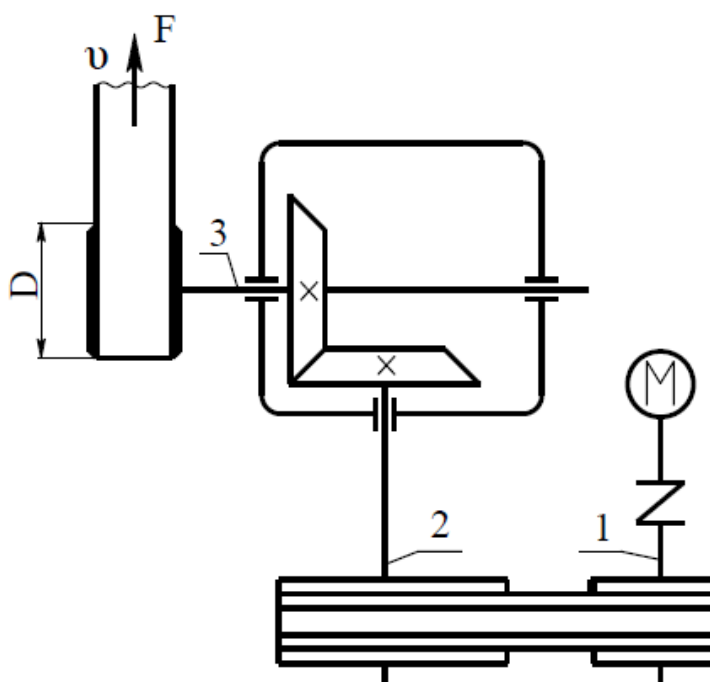
Кыймылга келтиргичтин берилген кинематикалык схемасы үчүн жумушчу машиненин параметрлерине карата кыймылдаткычты тандагыла жана кыймылга келтиргичтин кинематикалык жана күч эсебин аткаргыла.

Чыгарылышы

1-чи таблица

Баштапкы берилиштер

$F, \text{кН}$	$v, \text{м/с}$	$D, \text{м}$
2	0,7	0,35



1. Кыймылга келтиргичтин чыгуу октолгоочунун параметрлерин аныктайбыз:

- кубаттулук:

$$P_{\text{чыг}} = P_3 = F \cdot v = 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ кВт};$$

- чыгуу октолгоочунун бурчтук ылдамдыгын:

$$\omega_{\text{чыг}} = \frac{2v}{D} = \frac{2 \cdot 0,7}{0,35} = 4 \text{ с}^{-1};$$

- чыгуу октолгоочунун айлануу жыштыгын:

$$n_{\text{чыг}} = \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 4}{3,14} = 38,2 \text{ айл/мин.}$$

2. Кыймылга келтиргичтин пайдалуу аракет коэффициентин аныктайбыз:

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_{m.k} \cdot \eta_k ,$$

Мында η_m – муфтанын ПАК,

$\eta_{m.k}$ – тиштүү конустук берүүнүн ПАК,

η_k – кур берүүнүн ПАК.

ПАКнин берилиштерин справочниктен карагыла.

Маселен,

$$\eta_m = 0,98; \quad \eta_{m.k} = 0,97; \quad \eta_k = 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,89.$$

3. Кыймылга келтиргичтин берүү санын аныктайбыз:

$$i = i_k \cdot i_{km} .$$

Берүү санынын берилиштерин справочниктен карагыла.

Маселен, $i_{km} = 4$; $i_k = 3$; $i = 4 \cdot 3 = 12$.

4. Электркыймылдаткычынын керектүү параметрлерин аныктайбыз:

- кубаттулук:

$$P_{\text{кый}} = \frac{P_{\text{чыг}}}{\eta} = \frac{1,4}{0,89} = 1,57 \text{ кВт};$$

- электркыймылдаткычынын октолгоочунун айлануу жыштыгын:

$$n_{\text{кый}} = n_{\text{чыг}} \cdot i = 38,2 \cdot 12 = 489 \text{ айл/мин.}$$

5. Справочниктен электркыймылдаткычынын маркасын тандайбыз **112МА8/700** төмөнкү параметрлери менен:

$$P_{\text{кый}} = 2,2 \text{ кВт}; \quad n_{\text{кый}} = 700 \text{ айл/мин.}$$

6. Кыймылга келтиргичтин чыныгы берүү санын аныктайбыз:

$$i_{\text{чыыи}} = \frac{n_{\text{чыыг}}}{n_3} = \frac{700}{38,2} = 18,3.$$

$i_{\text{мк}} = 5$ деп кабыл алабыз, анда:

$$i_{\text{к}} = \frac{i_{\text{чыыг}}}{i_{\text{мк}}} = \frac{18,3}{5} = 3,66.$$

7. Октолгоочтогу кубаттулук:

$$P_1 = P_{\text{кый}} \cdot \eta_{\text{м}} = 2,2 \cdot 0,98 = 2,16 \text{ кВт},$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{к}} = 2,16 \cdot 0,94 = 2,03 \text{ кВт},$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{мк}} = 2,03 \cdot 0,97 = 1,97 \text{ кВт}.$$

8. Октолгоочтордун айлануу жыштыгы:

$$n_1 = n_{\text{кый}} = 700 \text{ айл/мин},$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{к}}} = \frac{700}{3,66} = 191,2 \text{ айл/мин},$$

$$n_3 = \frac{n_2}{i_{\text{мк}}} = \frac{191,2}{5} = 38,2 \text{ айл/мин}.$$

9. Октолгоочтордун бурчтук ылдамдыктары:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 700}{30} = 73,3 \text{ с}^{-1},$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{\text{к}}} = \frac{73,3}{3,66} = 20 \text{ с}^{-1},$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{i_{\text{мк}}} = \frac{20}{5} = 4 \text{ с}^{-1}.$$

10. Октолгоочтордогу айлануу моменттери:

$$M = \frac{P}{\omega} ,$$

$$M_1 = \frac{2,16 \cdot 10^3}{73,3} = 29,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_2 = \frac{2,03 \cdot 10^3}{20} = 101,15 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_3 = \frac{1,97 \cdot 10^3}{4} = 492,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Корутунду: Кыймылга келтиргичте жетектөөчү октолгоочтон жетеленүүчү октолгоочко карата бурчтук ылдамдыкты азайтуу менен толгоо моменти жогорулайт.

Колдонулган адабияттар

1. Марченко С.И. Прикладная механика: учеб. пособие / С.И. Марченко, Е.П. Марченко, Н.В. Логинова. – Ростов наД: Феникс, 2006. – 541, с.: ил.
2. Клоков В.Г. Детали машин. Курсовое проектирование. Учеб. пособ. – М.: МГИУ, 2007.- 188с.
3. Тимофеев С.И. Теория механизмов и машин: учебник для высших технических учебных заведений (ГРИФ) / С.И. Тимофеев – М.: Феникс, 2011, 349 с. – ISBN: 978–5–222–17719–18.
4. Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т., Тургумбаев С.Дж. Механизмдердин структура, кинематика жана күч анализдери. Инженердик багыттагы студенттер үчүн «Колдонмо механика» курсу боюнча курстук иштерге жана практикалык жумуштарга методикалык көрсөтмөлөр. - Бишкек: КГТУ 2009. – 25 с.
5. Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т., Тургумбаев С.Дж. Шарнирдүү төрт тогоо механизмдерди анализдөө. Колдонмо механика боюнча лабораториялык жана практикалык жумуштарды аткарууга методикалык көрсөтмөлөр. - Бишкек: КГТУ 2009. – 32 с.
6. Тургумбаев Ж.Ж., Гапарова Ж.Т., Тургумбаев С.Дж. Редукторлорду доборлоодо ЭЭМди колдонуу. «Колдонмо механика», «Машинен тетиктери» жана «Машинелерди долбоорлоонун негиздери» курстары боюнча лабораториялык, практикалык, курстук жумуштарды жана долбоорлорду аткарууга инженердик багыттагы студенттер үчүн методикалык көрсөтмөлөр. - Бишкек: КГТУ 2009. – 32 с.

Тургумбаев Жеңишбек Жумадылович
Гапарова Жанаркан Тахтауновна
Тургумбаев Санжарбек Джеңишбекович

КОЛДОНМО МЕХАНИКА. «Колдонмо механика» сабагына
контролдук жана практикалык жумуштарды аткарууга методикалык
көрсөтмөлөр

Редактор

И.Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университет.
Басмага кол коюлду «_____» 2019-ж.